

1. Городецкий А.С., Слободян Я.Е. и др. / Программный комплекс ЛИРА-Windows. Теоретические основы. Т.5. – К.: НИИАСС, 1996. – 90 с.
2. Клепиков С.Н., Слободян Я.Е. Расчет зданий при многократной подработке // Строительная механика и расчет сооружений. – 1990. – №2. – С.62-65.
3. Клепиков С.Н. Расчет сооружений на деформируемом основании. – К.: НИИСК, 1996. – 200 с.
4. Слободян Я.О. Експериментальне обґрунтування чисельного розв'язання нелінійно-непружних контактних задач взаємодії споруд з нерівномірно-деформованими основами // Опір матеріалів і теорія споруд. Вип.68. – К., 2000. – С.147-155.
5. Городецкий А.С., Слободян Я.Е. Решение нелинейных задач взаимодействия сооружений с основанием с помощью ПК Лира-Windows // Проблемы тонкостенных пространственных систем. – Тбилиси: Грузинский технический университет, 2001. – С.53-57.
6. Слободян Я.О. Оцінка точності чисельного розв'язання нелінійних контактних задач взаємодії споруд з основами // Опір матеріалів і теорія споруд. Вип.70. – К., 2002. – С.136-144.
7. Баженов В.А., Слободян Я.О. Моделирование нелинейного деформирования складных пространственных систем споруд при силовых та деформаційних впливах // Опір матеріалів і теорія споруд. Вип.72. – К., 2003. – С.41-73.

Отримано 15.11.2004

УДК 543.22 + 66.011.001.57

Э.Б.ХОБОТОВА, д-р хим. наук, М.И.УХАНЁВА, Т.А.СЕМЕНОВИЧ,
О.Г.МАХОВА, Н.М.ПАНТЕЛЕЕВА

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО И ДИСПЕРСНОГО СОСТАВОВ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ

Исследуется дисперсный и химический составы пыли цементного производства. Проанализировано распределение тяжёлых металлов по фракциям пылевых частиц, установлены основные источники обогащения пыли тяжёлыми металлами. Показано присутствие радионуклидов в цементной пыли. Результаты работы могут быть использованы для разработки мероприятий по устранению негативного воздействия цементной пыли на организм человека.

Цементное производство является одним из источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, включая тяжёлые металлы (ТМ). На цементное производство приходится до 15% загрязнений атмосферного воздуха ртутью [1]. Кроме ртути в атмосферу поступают Cd, Pb, Zn, Ni, Cu, Cr [2-4]. Присутствие в атмосферных выбросах ТМ обусловлено использованием в технологическом процессе пиритных огарков, доменных, металлургических шлаков, зол и нефелинового шлама. Основными источниками пыли являются вращающиеся печи обжига, мельницы помола клинкера, аппараты дробления исходных материалов, процессы упаковки и погрузки цемента. С газами, выходящими из печи обжига, поступает 70-80 % всей пыли цементного производства.

Параметры воздушного переноса ТМ во многом обусловлены дисперсным составом выбросов и распределением металлов по размерам частиц. В то же время изученность данных вопросов мала.

Работа выполнена в рамках государственной программы охраны окружающей среды – 4-е направление научно-исследовательских работ Министерства образования и науки Украины.

Целью работы является исследование корреляции между дисперсностью пыли и содержанием ТМ в пылевых частицах, а также анализ химического состава пылевых выбросов цементного производства. Решение этих задач связано с оценкой влияния цементного производства предприятия "Балцем" Харьковской области на экологическую ситуацию в регионе.

Дисперсный состав цементной пыли определялся методом электронной микроскопии, а химический состав – методами атомно-абсорбционной спектрофотометрии, капельного электрофореза, γ -спектрометрии и рентгенофазового анализа.

Экспериментальные результаты по определению дисперсного состава цементной пыли, улавливаемой в различных точках отбора, – бункер электрофильтра, газоход после электрофильтра, дымосос и бункер циклона – представлены на рис.1. Показано, что пыль технологической стадии обжига сырьевой смеси на 55% массы состоит из частиц, имеющих размер менее 2,6 мкм (рис.1, А). На стадии помола клинкера частицы с диаметром 7,1 мкм составляют 50% (рис.1, Б), что свидетельствует о недостаточно эффективной работе газоочистного оборудования, так как пробы пыли отбирались в газоходе после фильтра. Пыль из вышеуказанных точек отбора представляет однородную высокодисперсную систему. Фракция пыли, уловленная электрофильтром, отличается большой однородностью: на 90% она представлена частицами с диаметром менее 10 мкм (рис.2). После электрофильтра повышается доля мелких частиц. Пыль из дымососа, практически являющаяся пылью, выбрасываемой в атмосферу, на 80-86% представлена частицами размером менее 2,5 мкм. На стадии помола образуется полидисперсная пыль, на долю частиц размером около 10 мкм приходится более 50% массы.

Методом электронной микроскопии показано, что цементная пыль представлена частицами разной формы с преобладанием продолговатых частиц. Размер крупных частиц может достигать 50-100 мкм и более. Определено достаточно высокое содержание ТМ при вариации их концентраций, $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$: для Cd 0,75 - 420; Pb 20 - 4280; Zn 180 - 2460; Cr 10-190. Можно предположить, что колебания концентраций ТМ связаны с изменением состава добавок либо с изменением режима ра-

боты печей, условий осаждения в системе очистки и другими факторами. Показано, что пробы пыли после очистки обогащены ТМ, в первую очередь Zn, Pb, и Cd. Данные табл.1 дают представление о содержании ТМ в пыли, уловленной на разных технологических стадиях. Пыль электрофильтра дополнительно содержит, $\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$: Mn – 96; Sr – 13800. Коэффициент обогащения высокодисперсной фракции по отношению к грубодисперсной равен для Cd 6,2; Pb 10,6; Cu 3,8. Таким образом, выявлено наибольшее обогащение мелких частиц пыли свинцом и кадмием. Экспериментальные данные приведены в табл.2.

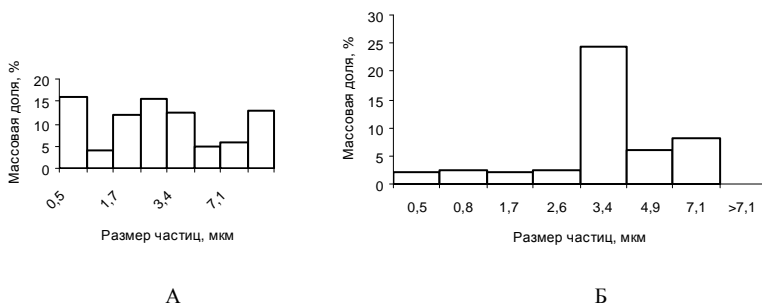


Рис.1 – Средний дисперсный состав пыли:
А – пыль обжига сырьевой смеси; Б – пыль помола клинкера.

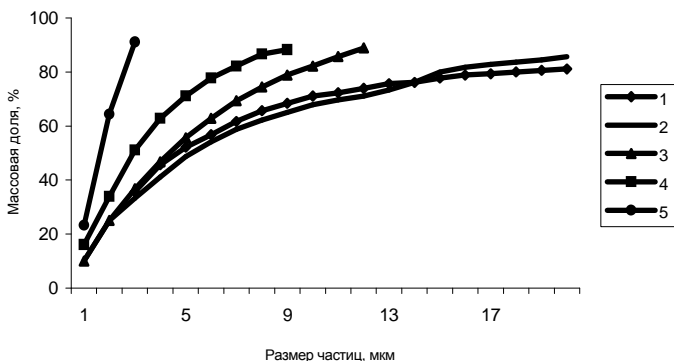


Рис.2 – Сравнение дисперсного состава пыли стадии обжига сырьевой смеси:
1 – перед циклоном; 2 – из циклона; 3 – из электрофильтра; 4 – после электрофильтра;
5 – из дымососа.

Таблица 1 – Содержание As и ТМ в цементной пыли, мг·кг⁻¹

Стадия очистки	Элемент						
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Обжиг сырьевой смеси							
Без очистки	29	51	10	58	4,5	500	209
Электрофильтр	20	94	34	62	5,9	1690	190-390
Помол клинкера							
Рукавный фильтр	–	0,72	–	70	15	7,8	254

Таблица 2 – Распределение ТМ по размерам пылевых частиц

Размер частиц, мкм	Содержание ТМ, мг·кг ⁻¹		
	Cd	Pb	Cu
< 2,5	290	8700	540
2,5-5,0	62	870	180
> 5,0	53	760	110

Гамма-спектрометрическим методом в составе цементной пыли обнаружены радионуклиды. Экспериментальные и расчетные данные приведены в табл.3. Присутствие в образце нуклидов Pb-214 и Bi-214 является косвенным свидетельством наличия Ra-226. Основной вклад в суммарную активность цемента составляет K-40 (92,8%). По величинам удельных радиоактивностей рассчитана эффективная удельная активность $E_{C_{эф}}$.

$$C_{эф.} = C_{Ra} + 1,31C_{Th} + 0,085C_K. \quad (1)$$

Согласно $C_{эф.}$ цементная пыль относится к I классу радиационной опасности стройматериалов, используемых в строительстве без ограничений. Для них должно выполняться условие

$$C_{эф.} \leq 370 \text{ Бк·кг}^{-1}. \quad (2)$$

Величина $C_{эф.}$ значительно превышает среднюю $C_{эф.}$ по СНГ (93 Бк·кг⁻¹) и по Украине (106 Бк·кг⁻¹). Использование такой цементной пыли в качестве вяжущего и заполнителя может привести к повышению $\bar{C}_{эф.}$ готового многокомпонентного бетона и к увеличению дозы гамма-облучения людей.

Таблица 3 – Результаты гамма-спектрометрического анализа цементной пыли из электрофильтра

Удельные радиоактивности нуклидов, Бк/кг ⁻¹ (вклад, %)					Сумма $C_{удельных}$, Бк·кг ⁻¹	$C_{эф.}$, Бк·кг ⁻¹
Pb-214	Bi-214	Ac-228	Th-232	Bi-212	K-40	
8,86 (0,2)	60,0 (1,7)	24,0 (0,7)	24,0 (0,7)	142,0 (4,0)	3310,0 (92,8)	313,0

Таким образом, установлены изменения дисперсного состава пы-

ли при прохождении газоздушного тракта; выявлено высокое содержание ряда ТМ в пыли цементного производства; показано концентрирование тяжелых металлов Cd, Pb и Zn в выбрасываемой в атмосферу пыли и выявлено обогащение высокодисперсных фракций пыли Cd и Pb; в составе цементной пыли выявлены определенные радионуклиды, представляющие опасность при ее использовании в качестве вяжущего и наполнителя в многокомпонентных бетонах. В целом результаты работы могут быть использованы для обеспечения экологического моделирования переноса и выпадения соединений тяжелых металлов и для разработки природоохранных мероприятий.

1.Паус К.Ф., Дуров В.В., Ломаченко В.А. и др. Определение ртути в цементе // Цемент. – 1999. – № 12. – С.17-18.

2.Коугия М.В. Цементное производство и тяжёлые металлы // Цемент. – 2000. – №3. – С.30-33.

3.Коугия М.В., Беляева В.И. Редкие элементы в материалах цементного производства // Цемент. – 1999. – № 1. – С.23-24.

4.Колбасов В.М., Леонов И.И., Сулименко Л.М. Технология вяжущих материалов. – М.: Стройиздат, 2001. – 432 с.

Получено 17.11.2004

УДК 624.042

А.М.КАРЮК, В.А.ПАШИНСЬКИЙ, д-р техн. наук

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ТЕРИТОРІАЛЬНЕ РАЙОНУВАННЯ УКРАЇНИ ЗА СТАТИСТИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

За даними 48 пунктів спостереження виконане територіальне районування України за статистичними характеристиками випадкового процесу середньодобової температури повітря.

Температура повітря є важливим фактором, що враховується при проектуванні будівель і споруд. Проблема полягає в тому, що чинні норми проектування [1, 2], які створювалися для великої території колишнього Союзу, є застарілими та недостатньо детальними. Нормами [1] територія України розділена на три райони за значеннями температурних впливів, а норми [2] встановлюють значення ряду характеристик температури лише для кожного 3-го міста України. Таке становище спричинює необхідність уточнення статистичних характеристик температури повітря для території України. При цьому доцільно базуватися на результатах останніх досліджень [3-5], де розроблена імовірнісна модель квазістаціонарного випадкового процесу, яка завдяки своїй універсальності дозволяє визначати різноманітні характеристики